

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19500146

研究課題名（和文）

高次特徴空間での判別に基づく実画像からの 3 次元復元の高精度化とその応用

研究課題名（英文）

Accurate 3-D Reconstruction and Applications by Classifying Correspondences  
in High Dimensional Feature Space

研究代表者

金澤 靖（KANAZAWA YASUSHI）

豊橋技術科学大学・工学部・准教授

研究者番号：50214432

研究成果の概要：自由に撮影した 2 枚の画像から高精度な 3 次元形状を復元することを目的として、画像間の対応を「良い」対応と「悪い」対応に判別することにより、形状を高精度化する方法およびその応用を研究した。成果となる知見として、判別に有効な特徴と分類方法がわかった。また同様なアプローチは画像間の対応付け問題など、他のパターン認識やコンピュータビジョンの問題に対しても有効であることが確認できた。

## 交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：コンピュータビジョン・画像処理

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：未校正ステレオカメラ，3次元復元，高次特徴空間，対応付け

## 1. 研究開始当初の背景

- (1) 画像情報からシーンの 3 次元情報を復元することは、コンピュータビジョンの主要な研究テーマの一つである。特にカメラの撮影条件や撮影位置が未知の場合において、復元された形状が多くの場合歪んでしまうことが問題となっていた。
- (2) この復元形状の歪みを小さくするためには、画像間の対応付けの精度を向上さ

せること、画像間の関係を表すパラメータの計算精度を上げることの 2 点が考えられる。

- (3) 研究代表者らはこれらの目的に関し、高精度な対応付け法の提案と画像間のパラメータの高精度な計算方法を提案したが、これら 2 つのアプローチとも、限界があることから、新たなアプローチが期待されていた。
- (4) 一方、研究代表者らは、これまでの研究により、画像間の対応から一部の対応を

取り除くだけで、形状の精度が向上することわかっており、それを自動的に取り除く手法を開発することで、復元した形状の精度が向上するのではないかと考えた。

- (5) 更に、同様のアプローチは、3次元復元だけでなく、別の技術へも適用可能でないかと考え、本研究課題を申請して研究を開始した。

## 2. 研究の目的

- (1) 画像間の対応に関する複数の特徴量を定義し、それらを用いて、形状が歪む原因となる対応を自動的に判別することで、復元形状の精度を向上させることを目的とし、新しい技術を提案するとともに、実際の画像による有効性の検証を行う。
- (2) 更に、そのような特徴空間および判別手法に関して、他の技術への応用、例えば形状の認識や画像間の対応付けに応用できるか検討を行う。

## 3. 研究の方法

- (1) 画像間の対応は、既に発表済みの対応付け法を用いて決定するものとする。
- (2) 得られた画像間の対応において、形状を歪ませる要因となる対応を取り除くための有効な複数の特徴量を検討・考案する。
- (3) 検討・考案した特徴量に関し、様々な画像に対する対応を用いて、判別前後の対応を用いて形状の復元を行い、その特徴量の有効性を確認する。
- (4) また、判別方法についても検討し、比較を行う。
- (5) 本課題で得られた知見を元に、同様なアプローチが他のコンピュータビジョン技術あるいはパターン認識技術に適用可能かどうか検討を行う。
- (6) 研究体制は、研究代表者が原案等を立案し、研究代表者および大学院学生が協働して実験等を行う体制とする。これにより、大学院生への教育的な効果も期待できる。

## 4. 研究成果

- (1) 本課題の最も重要な成果である、自由に撮影された2画像からの高精度な3次元復元のための画像間対応の有効な判別法について、簡単に解説する。

画像間の対応を識別するための特徴量として、

- 射影復元した際の復元点の局所的

奥行き

- 画像を平行化した際の対応を結んだ線分の水平線に対する角度
- 対応する特徴点を含む局所領域に関する色ヒストグラムの類似度
- エッジ極線拘束条件の残差

が有効であることが確認できた。これらはいずれも誤った対応である際に大きな値を持つ。そして、これらをベクトルの要素として、各対応に対する特徴ベクトルを定義した。

特徴空間での判別には、アウトライア除去に有効とされる1クラスSVMを用いることとした。ただし、この特徴ベクトルは、一部の要素が偏った分布を持つため、通常のガウシアンカーネルではなく、提案した特徴空間に適した非対称なカーネル関数を用いることとした。比較として、EMアルゴリズムによる判別も試みた。

図1に原画像、図2に対応付け手法で得られた画像間対応とその復元形状、図3に提案法で識別して得られた対応とそれらから復元した形状を示している。対応は画像の対応する点を結んだ線分として、復元図は上から見た図を示す。この建物は本来90度の角度をなしており、見てわかる通り、提案法により、形状の復元精度が向上していることがわかる。

この例を含めて、様々な20例を調べたところ、半数以上の例で提案法での精度向上が確認された。残りの例では精度の向上は見られなかったが悪化した例はほとんどなく、提案法の有効性が確認された。

本成果は、国際会議(Machine Vision Applications)にてオーラルセッションに採択され、優秀論文として特集号への推薦を受けた。現在、加筆修正論文を投稿予定である。



図1：原画像

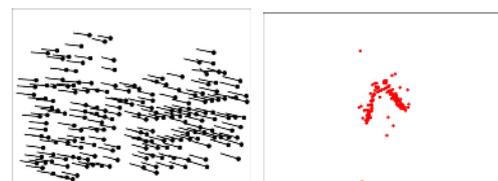


図2：初期対応とその復元結果

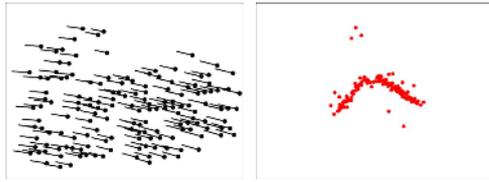


図 3：提案法による対応と復元結果

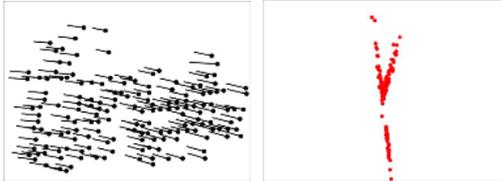


図 4：ガウシアンカーネルによる結果

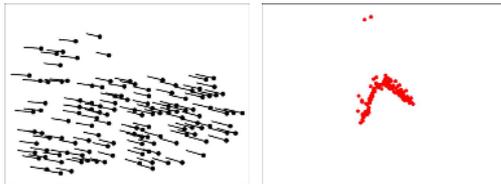


図 5：EM アルゴリズムによる結果

- (2) 本課題と関連して、画像間の対応付けが困難とされている繰り返しパターンを含む画像間の対応付けに関する研究を行った。その際、本課題と同様の高次の特徴空間を利用することを考えた。その成果である手法と結果について、解説する。

このシーン内の繰り返しパターンは、図 6 のように規則的なパターンが幾何学的に並んでいることから、極めて重要な特徴であるが、従来の対応付け法では図 7 のように対応付けを行うことができない。そこで、研究代表者らは壁や床のレンガやタイルなど、繰り返しパターンはほぼ平面上にあることを利用し、まず繰り返しパターン領域とそうでない領域に分け、繰り返しパターン領域を対応づけた後、その情報を利用して残りの領域を対応づける方法を提案した。これにより、シーン内の繰り返しパターンの持つ重要な情報を有効に利用できるだけでなく、その情報を繰り返しパターン以外の領域に適用することができる。

まず画像内の繰り返しパターンの要素を抽出し、その幾何学的および色などの特徴によりグルーピングする。そして画像間でグルーピングされた要素同士の大まかな対応付けを行った後、各要素間での対応付けを行う。更に得られた対応から画像間のパラメータを計算し、そのパラメータを満足する他の領域における対応を検出する。

提案法における結果を図 8 に示す。図 7 に示すとおり、これまでに提案されている方法ではほとんど正しい対応がえられなかったようなシーンに対しても、提案法により正確な対応が得られていることがわかる。

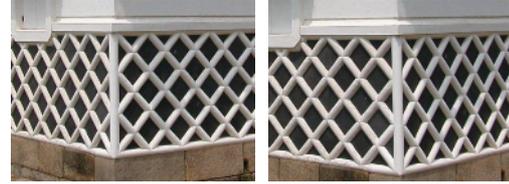


図 6：繰り返しパターンを含むシーン

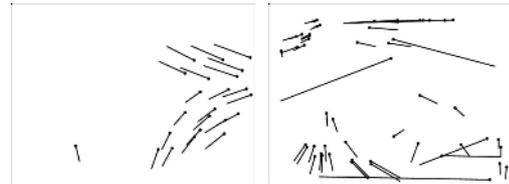


図 7：2つの従来法による結果



図 8：提案法による結果

本成果は、国際会議(Robot Vision 2009)にてオーラルセッションに採択され、従来難しかった繰り返しパターンを含むシーンに対する対応付けに対し、新しい可能性を示したとの評価を得た。

本研究は、本課題である高次特徴空間の応用として、現在も研究を進めており、繰り返しパターンの要素に対する幾何学的および濃淡特徴から定義された特徴空間を用いることで、画像内でのグルーピングだけでなく、画像間の対応付けを行う方法について研究を進めており、現在学会発表を準備しているところである。

- (3) 本課題と関連する研究として、形状の認識のための形状の正準化という方法を提案している。その手法と結果について、解説する。

2次元(平面)図形を異なる位置から撮影した画像間において、その観測形状には射影歪みが生じ、一般に形状の認識を行うことは難しい。

そこで、本研究では、モデル形状(正面像)とカメラからの観測形状の両方を、

扇形変換とよび変換を用いて、形状に対するある条件が一定になるように変形し、その変形後の両形状に対して、不偏な特徴量を用いて、認識を行うことを考えた。

図9に示すように、ズームや撮影位置を変えて撮影した画像に対して認識した結果を図10に示す。

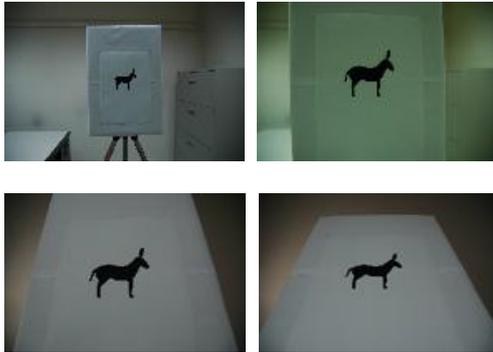


図9：入力画像の例

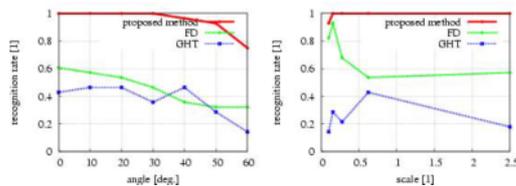


図10：認識結果

グラフの赤い線が提案法、緑及び青の線が従来法（フーリエ記述子および一般化ハフ変換）であり、提案法が高い精度を持つことがわかる。

本研究は、国内の学会で発表を行い、好評を得た。

- (4) この他に、本課題のアプローチの応用として、車載ビデオカメラからの道路標識の検出に用いる特徴量や単眼移動カメラからの3次元復元などの研究に応用された。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

S. Kamiya, Y. Kanazawa, accurate image matching in scenes including repetitive patterns, Robot Vision (RobVis2008), LNCS4931, pp.165-176, 2008, 査読有

〔学会発表〕(計5件)

山西 聡, 金澤 靖, 形状の正準化による射影歪みにロバストな2次元経常の認識, 第11回画像の認識と理解シンポジウム, 2008年7月, 軽井沢プリンスホテル, 査読有

神谷 直, 金澤 靖, 繰り返しパターンを含むシーンに対する画像間の対応づけ, 第10回画像の認識と理解シンポジウム, 2007年7月, 査読有

Y. Takanashi, Y. Shibata, Y. Kanazawa, Improving accuracy of 3-D reconstruction by classifying correspondences, MVA2007, May 2007, 査読有

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.img.tutkie.tut.ac.jp/>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

金澤 靖 (KANAZAWA YASUSHI)  
豊橋技術科学大学・工学部・準教授  
研究者番号: 50214432

(2) 研究分担者  
なし

(3) 連携研究者  
なし